MÉTODO Y DISPOSITIVO DE ENSAYO SÍSMICO SOMERO

1. Campo técnico de la invención

Esta invención se relaciona con métodos y dispositivos aplicados a la geofísica, particularmente, se relaciona con métodos sísmicos y geofísica somera, los cuales son aplicables a profundidades pequeñas.

2. Descripción del Estado de la técnica

Los sismógrafos tienen aplicación en exploración sísmica del subsuelo, en sectores como el petrolero, ingeniería civil, geotecnia, geofísica ambiental, entre otros.

La refracción y reflexión sísmica brindan información importante acerca de la geometría y estratigrafía de las capas del subsuelo, especialmente útil en la búsqueda de fallas geológicas, rocas aptas para soportar bases de estructuras, grado de compactación del subsuelo, tipos de material que puedan existir a diferentes profundidades, entre otros.

Los sismógrafos convencionales, en la actualidad, usan varios canales con sus respectivos sensores para registrar señales sísmicas en un área, o a lo largo de una línea determinada. Dichas señales son registradas en un computador, y mostradas en una gráfica de dos ejes, X e Y. X normalmente se usa para representar la ubicación de los sensores (Geófonos) en el terreno, y en Y se representa el tiempo, a lo largo del cual se puede ver cómo se comporta cada traza proveniente de cada geófono en cada momento del registro.

Con este tipo de aparatos convencionales, se requieren llevar al sitio de registro varios sensores, normalmente de 12 en adelante, y el cable necesario para conectarlos y transportar sus señales hasta una consola principal, la cual las digitaliza y envía la información al computador. Lo anterior implica la necesidad de tener varias personas para realizar la labor de regar y recoger cable, así como el despliegue de geófonos.

En la adquisición de datos de refracción o reflexión sísmica, se realiza una perturbación al subsuelo para generar las ondas que viajarán a su interior y luego serán captadas por los sensores o geófonos ubicados en superficie. Esta perturbación se realiza usualmente con explosivos, para grandes profundidades, o con un martillo para profundidades someras.

Es importante registrar el tiempo en el que se realiza la explosión o golpe, con el fin de tener un tiempo de referencia cero para las refracciones y/o reflexiones que se vayan a registrar. Esto se hace a través de un circuito llamado trigger.

Tan pronto se genera la perturbación, el circuito trigger da la señal a la consola de digitalización, para que inicie el registro de los datos provenientes de cada canal, por un tiempo determinado por el operario del equipo. Pasado este tiempo, la consola deja de registrar, y los datos son graficados en un computador y guardados en un archivo para su posterior procesamiento.

En el estado de la técnica se encuentran documentos que divulgan métodos aplicados a la geofísica, como es el caso del documento US8873334B2, el cual divulga un método para detectar

actividad sísmica, que puede incluir la recepción por un procesador de una primera toma de datos de una primera fuente, que comprende una primera señal generada por una formación de tierra sub-superficial en respuesta a una señal electromagnética de fuente pasiva, donde se genera la señal electromagnética por una conversión electro-sísmica o sismo-eléctrica de la señal electromagnética de fuente pasiva. El método también puede incluir la recepción por un procesador de datos de un segundo estudio de una segunda fuente. También se contempla el procesamiento de los datos de la primera fuente y los datos de la segunda fuente para determinar una o más propiedades de una formación de tierra sub-superficial.

Por otro lado, el documento US 6754590B1 divulga un método mejorado de adquisición de datos sísmicos usando una pluralidad de fuentes sísmicas vibratorias que incluye las etapas de desplegar el sensor sísmico; desplegar una pluralidad de fuentes sísmicas vibratorias en diferentes puntos de fuente; accionamiento simultáneo de las fuentes sísmicas; adquisición de datos sísmicos de las fuentes sísmicas usando el sensor sísmico; redistribución de por lo menos dos fuentes sísmicas, una fuente sísmica siendo de este modo posicionada en un punto de fuente previamente ocupado por la otra fuente sísmica; accionamiento simultaneo de las fuentes sísmicas reposicionadas; y adquisición de datos sísmicos atribuibles a las fuentes sísmicas reposicionadas usando dicho sensor sísmico. La invención también involucra un método mejorado de adquisición de datos sísmicos usando una pluralidad de fuentes sísmicas vibratorias, en donde cada fuente sísmica es capaz de producir energía sísmica dentro de los rangos de frecuencia dada, incluyendo las etapas de despliegue de un sensor sísmico, junto con una pluralidad de fuentes sísmicas vibratorias en diferentes puntos de fuente; simultáneamente actuando las fuentes sísmicas de tal manera que el rango de frecuencia de la energía sísmica producida por una fuente sísmica se encuentra sustancialmente fuera del rango de frecuencia de la energía sísmica producida por otra fuente sísmica, y la adquisición de datos sísmicos atribuibles a las fuentes sísmicas usando el sensor sísmico.

De acuerdo a lo anterior, se entiende que no hay un documento en el estado de la técnica, que divulgue un método y dispositivo para realizar ensayos sísmicos someros donde el dispositivo sea un sismógrafo portátil compacto de un solo canal, cuya portabilidad, sencillez, redundancia de componentes y fácil operación facilite su utilización en campo.

3. Breve descripción de la Invención

La presente invención corresponde a un método y dispositivo para realizar ensayos sísmicos someros.

El método de la presente invención está relacionado con la geofísica. Particularmente este método se enfoca en la refracción sísmica, reflexión sísmica y geofísica somera, la cual es aplicable a profundidades pequeñas (hasta 100 metros).

El método para realizar el ensayo sísmico somero comprende los siguientes pasos: determinar las coordenadas geográficas de la línea sísmica; ubicar el cable de trigger (7) conectándolo

operativamente a dos fuentes de energía sísmica (1 y 1'); conectar un sensor (3) a un sistema de adquisición de datos (4); y este sistema de adquisición de datos (4) al trigger por medio de un cable transmisor (8) y a un computador (5) a través de un canal de comunicación (9); configurar los parámetros de toma de datos en el sistema de adquisición de datos (4); ubicar el sensor (3) conectado al sistema de adquisición de datos (4), en el punto de muestreo deseado; activar la primera fuente de energía sísmica (1) en el primer punto de impacto (2); recepción de la señal (traza sísmica) del sensor (3) en el sistema de adquisición de datos (4), realizando cada uno de los pasos anteriores para cada punto de muestreo deseado.

El dispositivo corresponde a un sismógrafo portátil, de un solo canal, con el cual se puede realizar la adquisición de datos sísmicos de refracción y reflexión somera, obteniendo los mismos resultados que se obtendrían con un sismógrafo multicanal como los ya mencionados.

El dispositivo comprende los siguientes elementos: un sensor (3) conectado operativamente a un filtro antialias (10); un filtro antialias (10) ubicado operativamente entre el sensor (3) y un amplificador diferencial (11); un amplificador diferencial (11) ubicado operativamente entre el filtro antialias (10) y un convertidor Análogo/Digital (12); un convertidor Análogo/Digital (12) ubicado operativamente entre el amplificador diferencial (11) y un microcontrolador (13); un microcontrolador (13) ubicado operativamente entre el convertidor Análogo/Digital (12) y un computador (5) y un computador (5) conectado operativamente al sistema de adquisición de datos (4) por medio de un canal de comunicación (9).

4. Breve descripción de las figuras

La FIG. 1 muestra el diagrama general de las componentes del sismógrafo y la forma en que se utiliza.

La FIG. 2 muestra un diagrama de bloques del hardware que compone el sistema de adquisición de datos del sismógrafo.

La FIG. 3 se muestra un ejemplo de cómo se ven las trazas sísmicas durante un registro, en la medida en que se va cambiando de posición el sensor (3).

5. Descripción detallada de la invención

Haciendo referencia a la FIG. 1, se describe una modalidad de despliegue del sismógrafo que comprende: dos fuentes de energía sísmica (1 y 1') que se ubican en los extremos de la línea de exploración, y junto con estos se ubican en el suelo el primer y segundo puntos de impacto (2 y 2'). Estos se utilizan para recibir la perturbación de su correspondiente fuente de energía sísmica y transferir la energía de éste al subsuelo. Si no se requiere un segundo punto de impacto no es necesario desplegar la fuente 1' y el punto 2'.

El sistema trigger, comprende un cable de trigger (7) y un cable transmisor (8), que se despliega de tal manera que uno los puntos donde se encuentran el primer y segundo puntos de impacto (2 y 2') y a su vez conecte este sistema trigger a un sistema de adquisición de datos (4) por medio de un cable transmisor (8). Cuando se activa el punto de impacto (2 y 2') en alguno de los dos extremos, el sistema trigger envía esta señal al sistema de adquisición de datos para que se inicie el registro de los datos.

En una modalidad de la invención, la primera y segunda fuentes de energía sísmica (1 y 1') pueden ser un conjunto martillo-platina, explosivos, actuadores hidráulicos, entre otros medios de que permitan la perturbación del subsuelo.

El método para realizar las pruebas sísmicas comprende los siguientes pasos:

a) determinar las coordenadas geográficas de la línea sísmica: primer punto de impacto (2) (punto de prueba a perfil) y/o un segundo punto de impacto (2') (punto de prueba a contraperfil) y/o punto de impacto central;
b) ubicar el cable de trigger (7) conectándolo operativamente a una o dos fuentes de energía sísmica (1 y 1'); una ubicada en el primer punto de prueba (2) (punto de prueba a perfil) y la otra (si se requiere) ubicada en el segundo punto de prueba (2') (punto de prueba a contraperfil);
c) conectar un sensor (3) a un sistema de adquisición de datos (4) y este sistema de adquisición de datos (4) al trigger por medio de un cable transmisor (8) y a un computador (5) a través de un canal de comunicación (9);
d) configurar los parámetros de toma de datos en el sistema de adquisición de datos (4) de la siguiente manera:
    - número de puntos de muestreo (I a IV, donde IV es el enésimo canal) (*n* canales, generalmente 8, 12 o 24);
    - intervalo de separación entre puntos de muestreo (I a IV) (canales);
    - tiempo de grabación;
    - tasa de muestreo;
    - punto de prueba inicial (puede ser el canal 1 o algún otro canal);
e) Ubicar el sensor (3) conectado al sistema de adquisición de datos (4), en el punto de muestreo deseado;
f) Activar la primera fuente de energía sísmica (1) en el primer punto de impacto (2);
g) Recepción de la señal (traza sísmica) del sensor (3) en el sistema de adquisición de datos (4);
h) Realizar los pasos e) a g) para impactos en el segundo punto de impacto (2') (si se requiere);
i) Repetir los pasos e) a g) por cada punto de muestreo deseado.

En una modalidad de la invención los puntos de muestreo pueden ser tantos como se necesiten para desarrollar el ensayo sísmico, así como la resolución que se quiera alcanzar con dicho ensayo.

En una modalidad de la invención, con el fin de mejorar la toma de datos, se puede realizar opcionalmente un método de stacking vertical para perturbaciones adicionales del subsuelo entre los pasos g) y h).

El stacking vertical, en aplicaciones sísmicas, es un método que por medio del cual se logra una mejoría en la relación señal-ruido sumando las señales de un número determinado de disparos en un conjunto de geófonos o hidrófonos. Es utilizado ampliamente en estudios sísmicos de refracción de tierra, utilizando sismógrafos de mejora de señal que pueden sumar hasta 255 impactos para producir un registro sísmico de buena calidad.

El dispositivo de la presente invención (sistema de adquisición de datos (4)) hace referencia a un sismógrafo el cual cuenta con los siguientes elementos:

- Un sensor (3) el cual permite medir la perturbación generada en el suelo debido a las fuentes de energía sísmica (1 y 1'), conectado operativamente a un filtro antialias (10);
- Un filtro antialias (10) que elimina las frecuencias no deseadas, el cual se encuentra ubicado operativamente entre el sensor (3) y un amplificador diferencial (11);
- Un amplificador diferencial (11) recibe la señal y la amplifica al nivel requerido, y se encuentra ubicado operativamente entre el filtro antialias (10) y un convertidor Análogo/Digital (12);
- Un convertidor Análogo/Digital (12) que transforma la señal análoga en señal digital, ubicado operativamente entre el amplificador diferencial (11) y un microcontrolador (13);
- Un microcontrolador (13) que tiene una comunicación de doble vía con el convertidor Análogo/Digital (12), ubicado operativamente entre el convertidor Análogo/Digital (12) y un computador (5);
- Un computador (5) que visualiza, almacena y configura los parámetros de funcionamiento del sistema de adquisición de datos (4), conectado operativamente al sistema de adquisición de datos (4) por medio de un canal de comunicación (9).

En una modalidad de la invención, el canal de comunicación (9) puede ser reemplazado por una conexión inalámbrica entre el sistema de adquisición de datos (4) y el computador (5).

En una modalidad de la invención el sensor es un geófono, el cual es un transductor de presión que proporciona una señal proporcional al desplazamiento de la masa, y permite determinar la reacción de las capas del subsuelo debido a la acción de las fuentes de energía sísmica.

Descripción del sistema de adquisición de datos (consola de digitalización)

El filtro antialias (10), es el encargado de recibir la señal que llega del sensor (3) y su función es eliminar las altas frecuencias que estén por encima de dos veces la frecuencia de muestreo. Esto

garantiza que se eliminen todas las componentes de frecuencia ajenas al rango del espectro sísmico de interés.

El amplificador diferencial (11) recibe la señal entregada por el filtro antialias (10), y la amplifica hasta un nivel requerido por la etapa siguiente, además, elimina el ruido en modo común y hace un acople de impedancias entre el sensor (3) y el convertidor Análogo/Digital (12).

El convertidor Análogo/Digital (12) toma la señal análoga proveniente del amplificador (11) y la convierte en datos digitales. Este es un convertidor de 32 bits con una tasa máxima de muestreo de 4000 muestras por segundo, especialmente diseñado para aplicaciones sísmicas.

El microcontrolador (13) se comunica con el convertidor Análogo/Digital (12) en dos vías; una hacia el ADC (12) para enviarle datos de configuración y control y otra desde el ADC (12) para recibir los datos digitales de cada muestra convertida desde la señal análoga. Esta comunicación se hace a través del bus SPI.

La visualización, almacenamiento de datos, y configuración de parámetros se hace en el computador (5). Los parámetros que se configuran desde este dispositivo son: tasa de muestreo, longitud de registro, número de canales a adquirir, canal de inicio de adquisición, la ganancia del amplificador diferencial (11).

Haciendo referencia al FIG.3, se observan las trazas sísmicas durante un registro: en la posición (I) del sensor (3), se visualiza la señal adquirida en el canal 1; en la posición (II) del sensor (3), se visualiza la señal adquirida en el canal 2, pero se conserva la señal previamente adquirida en el canal 1. Si se sigue avanzando a lo largo de la línea y cambiando la posición del sensor (3), se irá formando el sismograma de tantos canales como posiciones se desplace el sensor (3).

Ejemplo

Se han realizado experimentos exitosos con la presente invención, con condiciones reales en campo.

Se han obtenido los siguientes resultados en cuanto a fortalezas del desarrollo:

- **Portabilidad:** el sismógrafo aquí descrito, es liviano y fácil de transportar, se puede llevar al sitio de registro de datos por solo una persona, mientras que en los sismógrafos multicanal se requieren por lo menos cuatro personas para esta labor.
- **Sencillez**: Los componentes necesarios para construir el sismógrafo aquí descrito son más sencillos y en menor cantidad que en un sismógrafo multicanal, por lo que las probabilidades de fallas en campo se reducen en comparación con un sismógrafo tradicional.
- **Redundancia de componentes:** Al ser liviano y sencillo, se pueden cargar varias consolas de digitalización, varios cables trigger, y geófonos, de tal manera que si se presenta una falla en alguno de estos componentes, puede ser reemplazado fácilmente, sin incurrir en exceso de peso, como ocurriría con un sismógrafo multicanal.

- **Fácil operación:** La instalación del sismógrafo en campo es muy rápida y fácil gracias a los pocos componentes y al poco peso que tienen para su manipulación.
- **Bajo costo**: La fabricación de esta invención es de mucho más bajo costo que el de un sismógrafo multicanal, por lo que se pueden construir bastantes unidades, a un costo asequible para ingenieros civiles, geólogos, geofísicos y demás profesionales del sector.

Se debe entender que la presente invención no se halla limitada a las modalidades descritas e ilustradas, y la persona versada en la técnica entenderá que pueden efectuarse numerosas variaciones y modificaciones que no se apartan del espíritu de la invención, el cual solo se encuentra definido por las siguientes reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un método para realizar un ensayo sísmico somero que comprende:

a) determinar las coordenadas geográficas de la línea sísmica: primer punto de impacto (2) (punto de prueba a perfil) y/o un segundo punto de impacto (2') (punto de prueba a contraperfil) y/o punto de impacto central;

b) ubicar el cable de trigger (7) conectándolo operativamente a la primera fuente de energía sísmica (1);

c) conectar un sensor (3) a un sistema de adquisición de datos (4); y este sistema de adquisición de datos (4) al trigger por medio de un cable transmisor (8) y a un computador (5) a través de un canal de comunicación (9);

d) configurar los parámetros de toma de datos en el sistema de adquisición de datos (4) de la siguiente manera:

- número de puntos de muestreo (I a IV) (*n* canales, generalmente 8, 12 o 24);
- intervalo de separación entre puntos de muestreo (I a IV, donde IV es el enésimo canal) (canales);
- tiempo de grabación;
- tasa de muestreo;
- punto de prueba inicial (puede ser el canal 1 o algún otro canal);

e) ubicar el sensor (3) conectado al sistema de adquisición de datos (4), en el punto de muestreo deseado;

f) activar la primera fuente de energía sísmica (1) en el primer punto de impacto (2);

g) recepción de la señal (traza sísmica) del sensor (3) en el sistema de adquisición de datos (4);

h) repetir los pasos e) a g) por cada punto de muestreo deseado.

2. El método de la Reivindicación 1, en donde la ubicación del segundo punto de prueba (2') (punto de prueba a contraperfil) es opcional.

3. El método de la Reivindicación 1, en donde el paso g) se puede realizar para perturbaciones desde el segundo punto de prueba (2').

4. El método de la Reivindicación 1, en donde entre los pasos g) y h) se puede opcionalmente, realizar un método de stacking vertical para perturbaciones adicionales del subsuelo.

5. Un dispositivo para realizar un ensayo sísmico somero que comprende:

- Un sensor (3) conectado operativamente a un filtro antialias (10);

- Un filtro antialias (10) ubicado operativamente entre el sensor (3) y un amplificador diferencial (11);
- Un amplificador diferencial (11) ubicado operativamente entre el filtro antialias (10) y un convertidor Análogo/Digital (12);
- Un convertidor Análogo/Digital (12) ubicado operativamente entre el amplificador diferencial (11) y un microcontrolador (13);
- Un microcontrolador (13) ubicado operativamente entre el convertidor Análogo/Digital (12) y un computador (5);
- Un computador (5) conectado operativamente al sistema de adquisición de datos (4) por medio de un canal de comunicación (9).

6. El dispositivo de la Reivindicación 2, en donde el sensor (3) es un geófono.

7. El dispositivo de la Reivindicación 2, en donde el canal de comunicación (9) puede ser reemplazado por una conexión inalámbrica entre el sistema de adquisición de datos (4) y el computador (5).

RESUMEN

La presente invención corresponde a un método y dispositivo para realizar ensayos sísmicos someros.

El método para realizar el ensayo sísmico somero comprende los siguientes pasos: determinar las coordenadas geográficas de la línea sísmica; ubicar el cable de trigger (7) conectándolo operativamente a dos fuentes de energía sísmica (1 y 1'); conectar un sensor (3) a un sistema de adquisición de datos (4); y este sistema de adquisición de datos (4) al trigger por medio de un cable transmisor (8) y a un computador (5) a través de un canal de comunicación (9); configurar los parámetros de toma de datos en el sistema de adquisición de datos (4); ubicar el sensor (3) conectado al sistema de adquisición de datos (4), en el punto de muestreo deseado; activar la primera fuente de energía sísmica (1) en el primer punto de impacto (2); recepción de la señal (traza sísmica) del sensor (3) en el sistema de adquisición de datos (4), realizando cada uno de los pasos anteriores para cada punto de muestreo deseado.

El dispositivo comprende los siguientes elementos: un sensor (3) conectado operativamente a un filtro antialias (10); un filtro antialias (10) ubicado operativamente entre el sensor (3) y un amplificador diferencial (11); un amplificador diferencial (11) ubicado operativamente entre el filtro antialias (10) y un convertidor Análogo/Digital (12); un convertidor Análogo/Digital (12) ubicado operativamente entre el amplificador diferencial (11) y un microcontrolador (13); un microcontrolador (13) ubicado operativamente entre el convertidor Análogo/Digital (12) y un computador (5) y un computador (5) conectado operativamente al sistema de adquisición de datos (4) por medio de un canal de comunicación (9).

FIGURAS

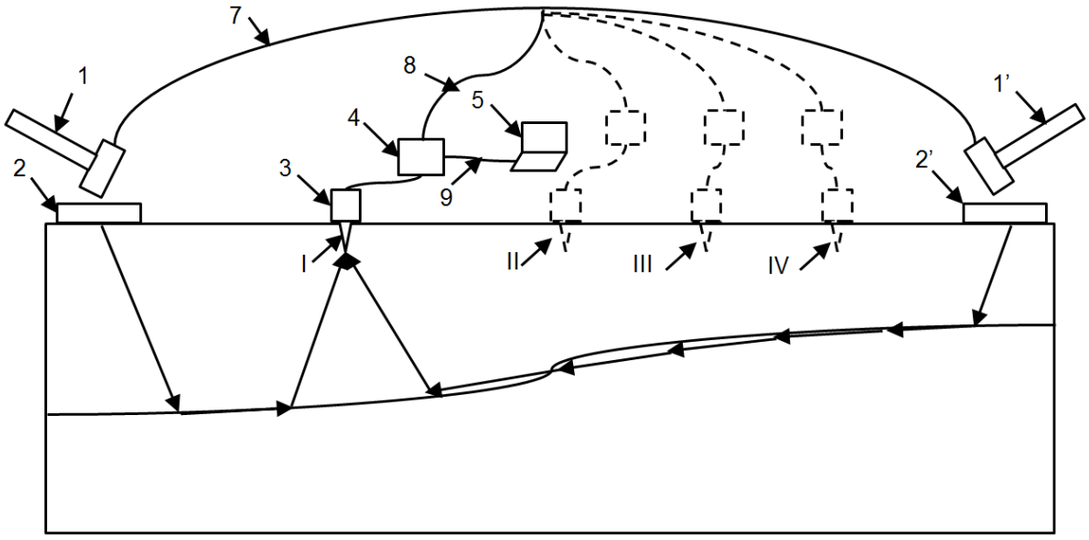

Figura 1

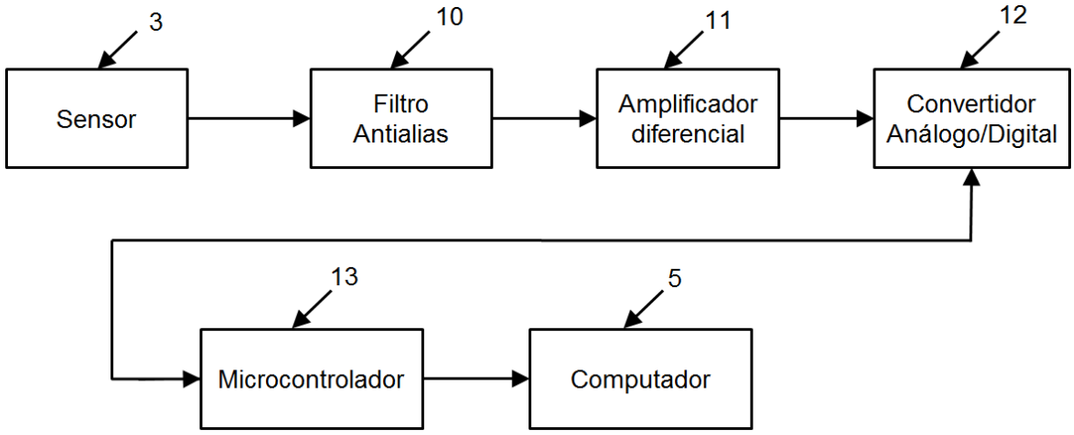
3
10
11
12
Sensor
Filtro
Antialias
Amplificador
diferencial
Convertidor
Análogo/Digital
13
5
Microcontrolador
Computador

Figura 2

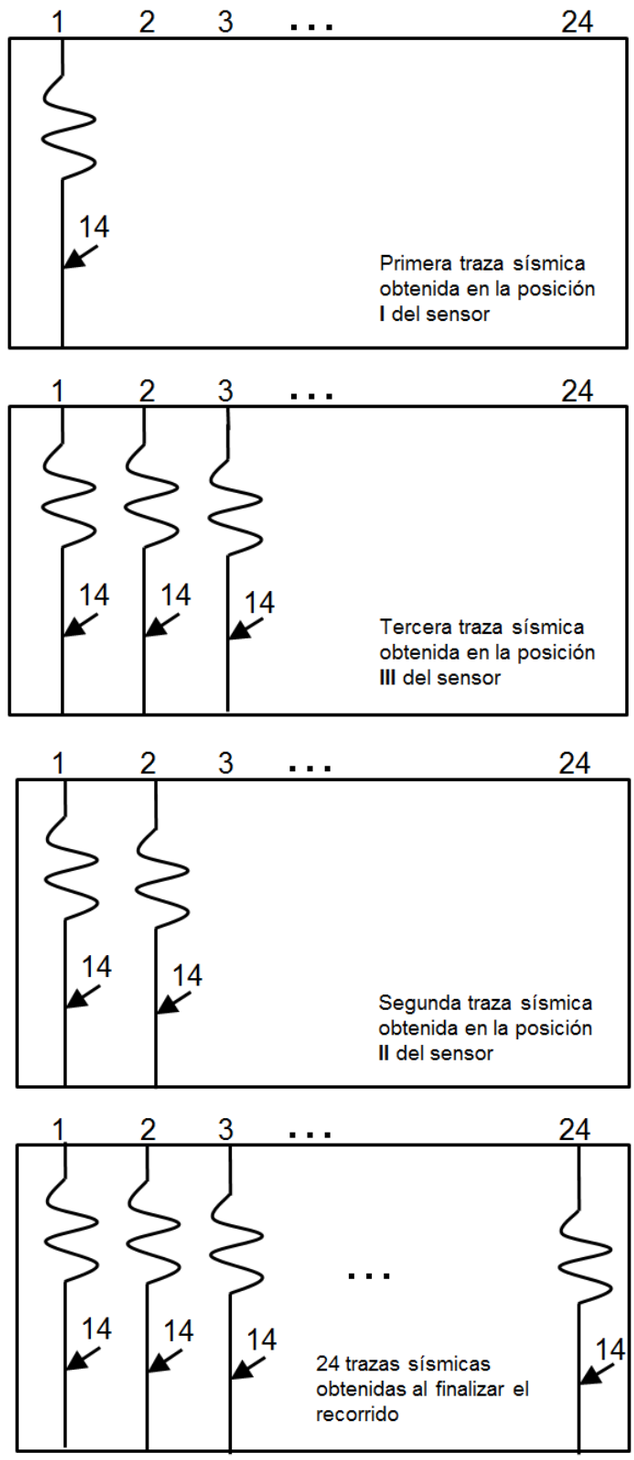
1
2
3
...
24
14
Primera traza sísmica obtenida en la posición I del sensor
1
2
3
...
24
14
14
14
Tercera traza sísmica obtenida en la posición III del sensor
1
2
3
...
24
14
14
Segunda traza sísmica obtenida en la posición II del sensor
1
2
3
...
24
...
14
14
14
14
24 trazas sísmicas obtenidas al finalizar el recorrido

Figura 3